

# 製造業の IoT とエネルギー消費

## The Factors on the Influences of Energy Consumption of IoT in Manufacturing Industries

太田 充亮 \*  
Mitsuaki Ota

IoT in manufacturing industries has increased attention in recent years with various concepts including Industri4.0 in Germany. This paper clarifies the features of IoT, analyses examples from manufacturing industries in Japan and discusses the perspectives from energy consumption. IoT can be classified in terms of technologies and application process. Main technologies consist of ①things, ②cloud server and ③open internet. The application process can be categorized into 5 stages: ①acquisition of information ②visualization ③management ④prediction and ⑤control. Based on the examples, the volume of things and cloud server is increasing in Japan. On the other hand, open internet is not so much introduced. As for the application process, most of examples still remain in ②visualizing phase. For the quantitative study, it will be important to research the impacts on the whole supply chains, the possibility to expand into unfamiliar areas such as material industries and small businesses and the policy issues on the cross-sectional influences by IoT.

**Keywords:** Industry4.0, IoT, Sensing, Cloud server, Internet

### 1. はじめに

近年、様々な分野や業界で IoT を巡る動きが注目を集めており、製造業もその例外ではない。製造業の IoT が注目を集める契機の一つが、ドイツ政府が 2011 年に発表したビジョン Industry 4.0(第 4 次産業革命)である。そこでは、IoT 技術を活用して、さらなる製造の効率化や大幅なコスト削減を目指すとしている。

このドイツの動きに対し、アメリカは民間主導で 2014 年にインダストリー・インターネット・コンソーシアム(IIC)を立ち上げ、中国は 2015 年に製造強国になるためのビジョン「中国製造 2025」を発表した。同様に日本政府も、「ロボット革命イニシアティブ協議会」(2015 年 5 月)の設立や「Society 5.0」(2016 年 1 月)、Connected Industries(2017 年 3 月)など様々なビジョンを発表している。日本ではいずれにおいても製造業に限らず、農業や介護、サービス業など様々な分野に IoT が波及し、それぞれが繋がる社会を未来図として描いている点が特徴である。

このような背景の下、日本の製造業の現場でも既に IoT の活用が始まっていると言われる。具体的には、建設機械

や農業機械に取り付けたセンサーからのデータを利用し、異常の検知や機械の保全・遠隔保守を行ったりする例など様々なサービスが登場し始めている。一方、社会的注目が高まって間もないこともあり、IoT の普及拡大によるエネルギー需要への影響を評価する研究例は少ない。そのため、その影響要因や実態把握の方法などの検討・検証が、今後は重要になると思われる。そこで本稿では、IoT の特徴について整理した上で、日本の製造業における現時点での IoT 活用状況を検証するとともに、エネルギー消費に与える要素や構造に着目した定性的な影響について考察する。

### 2. IoT の特徴

#### 2.1 IoT のコア技術と活用プロセス

IoT は、一般的に「モノのインターネット」と訳されるが、本稿では、主に技術と活用プロセスの観点から IoT を捉えて整理する。IoT のコア技術となるのは、あらゆる①モノ、②クラウドサーバー、そして③オープン回線の 3 点から構成されると考えられる(図 1)。

\* (一財)日本エネルギー経済研究所 化石エネルギー・電力ユニット  
〒104-0054 東京都中央区勝どき 1-13-1 イヌイビル・カチドキ

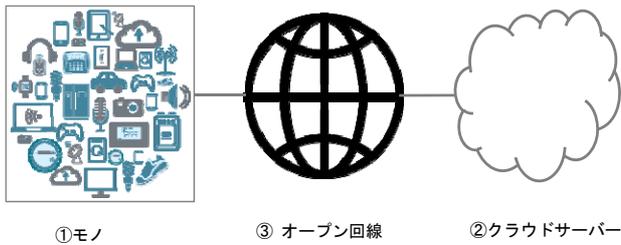


図1 IoTのコア技術

ここでIoTについて、従来の関連技術との違いを表1に示す。従来は、インターネットに接続されるモノはコンピューターや携帯電話など限定的であり、取得できる情報量も少なかった。これに対しIoTでは、これまでインターネットに繋がらなかった家電や医療機器、農業機器、乗り物、更に製造業では、建設機械、農業機械、金型などあらゆる「モノ」がインターネットにつながり、センシング技術を通じて、情報を取得することが可能になる。

取得した情報は、管理サーバーに集積される。従来の管理サーバーは各社単位で所有するものであり、情報が自社内で閉じられる傾向があった。IoTの時代になると、オープンな外部の「クラウドサーバー」を活用する。このサーバーには、自社の情報に加え、様々な企業や事業所の「モノ」から得られた情報が集積されている。このようにして集まった情報を、各企業はそれぞれの目的に応じて、製造プロセスなどに活用することができる。

さらに、「モノ」と「クラウド」をつなぐ「情報通信網」として、IoTではインターネットに代表されるオープンな回線を活用する。従来は、社内のみで利用できる専用回線を活用する傾向にあり、他分野や業務との連携を行うことがなかったが、IoT活用社会では豊富なデータを活用し、業種の垣根を超えた連携が期待できる。

表1 IoTと従来技術の比較

	従来	IoT
末端設備	・コンピューターや携帯電話など限定的。 ・種類は少ない。	・家電、医療機器、乗り物、建設機械、農業機械、金型などあらゆるモノ(①)。 ・種類は豊富かつ膨大。
管理サーバー	・情報が自社内でクローズされている。 ・サーバーも自社所有が多い。	・オープン性のあるクラウドサーバーの活用(②)。 ・あらゆるモノから大量データを取得し、保有している。 ・ビッグデータの解析に活用できる。
情報通信網	・社内LANなど専用回線。 ・他分野他業務などの連携がない。	・インターネット回線に代表されるオープン回線を活用している(③)。 ・あらゆるモノとつながることがメリット。

(出所) 各種資料より筆者作成

IoTの活用プロセスは、センシング技術などによって様々な情報をクラウドサーバーに①取得(集約)し、目的に応

じて状態の②見える化、③管理(監視)、④予測(分析)、そして⑤制御(実行)することによって構成される。ただし、状況によっては、必ずしも5つのプロセスが独立して機能しているのではなく、②見える化と③管理を同一視する例や、情報を①収集せずに、従来の製造工程などを②見える化するといった事例もある。本稿では、以上の5段階が基本的なプロセスと考えて分析を行う。

## 2.2 エネルギー消費に影響を与える要素

IoTの活用によるエネルギー消費への影響について、増エネ/省エネ両面から該当する要素を抽出すると表2の様に整理される。

表2 IoTがエネルギー消費に与える要素

		増エネ要因	省エネ要因
技術	①モノ	センサー増加。	-
	②クラウド ③オープン回線	データセンターのストレージ増加。	アウトソーシングによるサーバー台数減。
	①収集	センサー増加。	-
活用プロセス	②見える化	モニター増加。	自律的省エネ行動。
	③管理(監視)	モニター増加。	自律的省エネ行動。
	④予測(分析)	プログラミング導入。	自動的な生産プロセスの最適化。 自動的なエネルギー消費の最適化。
	⑤制御(実行)	プログラミング導入。	自動的な生産プロセスの最適化。 自動的なエネルギー消費の最適化。

(出所) 表1と同じ

技術面では、インターネットにつながる①モノの増加によってセンサーの数も増大し、エネルギー消費量(主に電力)が増加すると考えられる。また、②クラウドサーバーと③オープン回線は、蓄積する情報量の増加に伴ってデータセンターにおける電力消費量の増加が想定される。一方、自社サーバーを外部のクラウドサーバーにアウトソーシングした場合、外部サーバーでの単位情報量に対する電力消費量が少なくて済み、ネットワーク全体としてのエネルギー消費量を削減できる可能性も指摘されている<sup>2)</sup>。そのため、IoTによる①モノと②クラウド、③オープン回線の活用によるエネルギー消費に関しては、ネットワーク全体での評価を行う必要がある。

一方でプロセス面からみると、①収集の段階では、センサーを取り付けるモノの量が増大することによる増エネが主である。続く②見える化や③管理の段階に入ると、設備の稼働状況やエネルギー消費量を見える化するためのモニタリングが必要となり、稼働モニター数の増加に伴い増エネ要因となり得る。一方、工場内のエネルギー消費量を見える化すれば、機器の効率的利用によるコスト低減など、自律的な省エネ行動が誘因されることが期待される。④予測や⑤制御の段階では、生産工程管理がプログラム化され自

動的に生産プロセスの最適化が行われるため、それを制御するためのコンピューターによる増エネの可能性が考えられる。その一方で、生産プロセスの最適化に伴う省エネ効果や、更に省エネ実現の優先度を高めたプログラム制御にすることで、より大きな省エネ効果も期待できる。このように、IoT 活用プロセスの段階が進むに従い、エネルギー消費量の制御をいかに関連づけるかが、IoT 化における省エネ実現を考える際に重要になると考えられる。

### 3. 現状分析

#### 3.1 IoT の導入状況

本章は、前章のIoT の特徴を基に、日本の製造業の現場でのIoT 普及状況を分析し、現在/将来のエネルギー消費に与える影響について考察を行う。現在のIoT 普及状況については、ロボット革命イニシアティブ協議会が公表している製造業でのIoT ユースケースマップでの210件のサンプルについて分析を行った<sup>2)</sup>。今回のサンプルは製造業におけるIoT 活用の一部事例である点に留意が必要である。

IoT の普及状況について、技術とプロセスの面から分類した結果を図2と図3に示す。

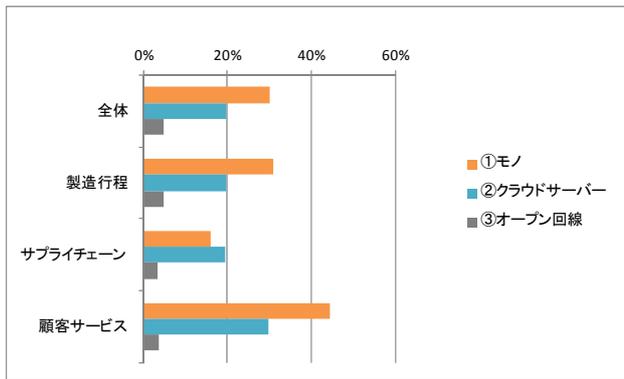


図2 IoT の導入状況(技術)

(出所) 参考文献2)より筆者作成

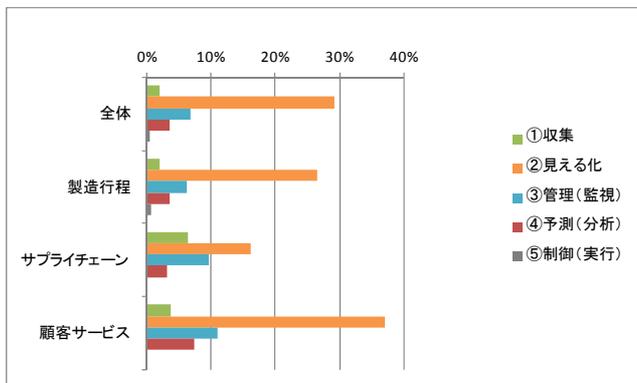


図3 IoT の導入状況(プロセス)

(出所) 図2と同じ

ここで示している「製造工程」とは、生産設備の稼働状況を可視化・分析する例や、生産設備の故障発生時にサー

ビスセンタと設備をリモート接続して迅速な復旧を支援する遠隔保守サービス、設備データの蓄積・分析による故障予兆の予知保全、そして企業Aと企業Bの生産システムを契約期間内に仮想結合するような工場間の連携などの例が含まれている。また「サプライチェーン」とは、過去の売上実績などを基に製品の需要予測を行い、受注・生産・出荷を最適に管理する例などが挙げられる。「顧客サービス」は、需要家サービスの多様化・高度化を指向するもので、下水管路のマンホール蓋にセンサーを組みこみ、水位変動をリアルタイムにクラウド上で監視する、ガスの供給エリア内にセンサーを設置し、災害発生時にガス供給を遮断する例などがある。「その他」は、主に協議会の設立や概要の説明であり、IoT の事例ではないものを指している。

結果から、技術的にはモノの導入やクラウドサーバーの導入が進展しつつある一方で、オープン回線の導入は進んでいない状況が分かる。また、導入目的別に見ると、サプライチェーンにおける導入例が少ない点が特徴である。なお、本事例の中には、紙媒体からExcel 入力に移行したもののや、生産現場のデータを自社内のクラウドに収集して活用する例など、IoT の事例として適格ではないものも多く見られる。プロセス的には②見える化の段階で多くIoT が活用されており、③管理(監視)段階以降、特に④予測(分析)や⑤制御(実行)の段階に進んでいる割合は少ない。技術/プロセス両面からみた実態からみれば、日本の製造業ではIoT の導入が始まった段階にあると考えられる。

#### 3.2 エネルギー消費への影響を考える視点

これまで、IoT 化の基本的な構造とエネルギー消費へ影響を与える要素の整理、そして、IoT 導入状況について定性的な分析を行ってきた。本章では、今後、定量的な評価を行うための要件を製造所内の視点と社会全体の視点(政策的視点)から考える。

製造所内の視点についてみると、事業者にとってIoT の導入は、製造工程の最適化や顧客サービスの向上など様々な目的への適応である(図4)。そこでは、いわゆるIT 機器がすでに普及している中で、IoT 化によってどのような性能の設備・機器が追加的に導入されるのか、またその導入に伴う追加的なエネルギー消費量の把握と評価方法の精査が今後求められる。加えて、IoT の導入は、企業にとってのサプライチェーン構造そのものを転換する可能性が高い。そのため、事業者のIoT 化によるエネルギー消費への影響を評価するには、製造所内の直接的変化だけでなく、流通方法やサービス形態の変化にも着目した評価の視点が求められる。

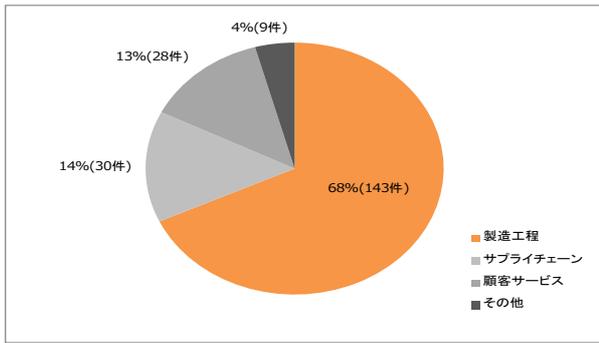


図4 IoTの導入目的

(出所) 図2と同じ

社会全体の視点では、業種別の導入状況を見ると、機械系産業での導入が多いことが解る(図5)。一方で、エネルギー消費量の大きな素材系産業での省エネを目的としたIoT化は、機械系産業に比べてポテンシャルが大きいと考えられる。そのため、IoT化による将来的な影響をみるには、個別産業種別の活用可能性についても評価を行う必要がある。

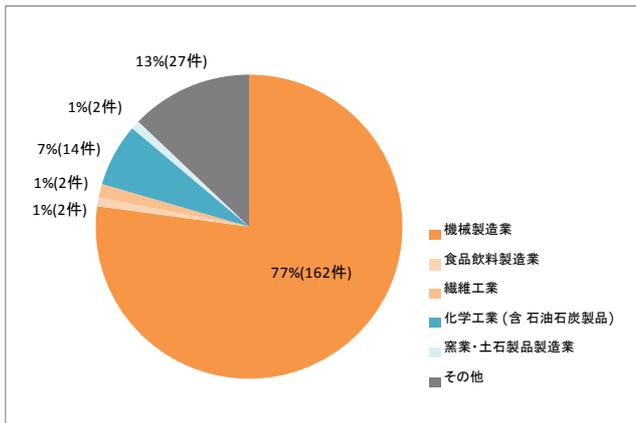


図5 業種別割合

(出所) 図2と同じ

また、エネルギー政策上、更なる取り組みが期待される中小企業でのIoT活用状況は、大規模企業に比べ少ない状況にある(図6)。今後のIoT化の拡がりや中小企業をどう取り込んでいくかは、社会的なエネルギー消費全体への影響を考える上でも重要と思われる。

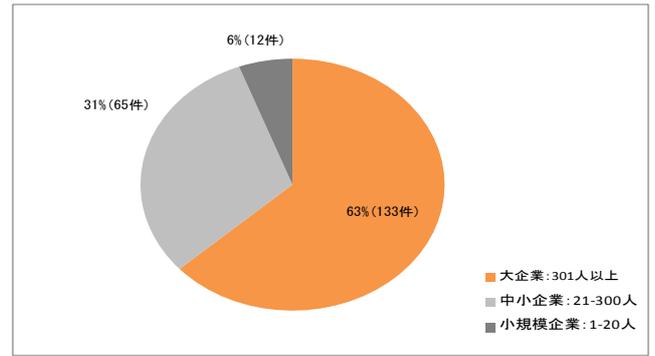


図6 企業規模別割合

(出所) 図2と同じ

更に、IoTの構造に着目した政策のあり方の検討も求められる。具体的には、製造所内でのIoT化の進展は、データセンターやクラウドサーバーなど製造所外のサービスに依存するネットワークの構築であり、IoT化によって増エネにも省エネにもなる可能性がある。省エネルギーや温暖化対策の観点で見た際に、こういった対象に重点的な取り組みを行うか判断するためにも、社会全体におけるIoT化によるエネルギー消費への影響の部門横断的/総合的な把握と影響評価方法の開発が今後は重要になる。

#### 4. まとめ

日本の製造業ではIoTの導入が始まった段階にあると考えられるが、今後エネルギー消費への影響を定量的に検討する上では、製造所内のみならず、サプライチェーンを含めた総合的な視点や、素材系産業や中小企業への導入の可能性と省エネのポテンシャル、さらにはIoT導入による構造変化に着目した部門横断的な影響を加味した政策の検討が重要になると考えられる。

#### 参考文献

- 1) IDC Japan ; <https://www.kankyo-business.jp/news/009304.php> (アクセス日 2017. 11. 01)
- 2) ロボット革命イニシアティブ協議会 ; <https://www.Jmfrri.gr.jp/iot/429.html> (アクセス日 2017. 11. 01)